



TECHNISCHE UNIVERSITÄT
CHEMNITZ

Fakultät für Maschinenbau
Institut für Fördertechnik und Kunststoffe
Professur Kunststoffe
Prof. Dr.-Ing. Michael Gehde

Entwicklung einer Temperaturmessmethodik für die aktive Strahlerleistungs- und Strahlerabstandsregelung beim Infrarotschweißen von Kunststoffen

Ausgangssituation und Zielstellung

Aufgrund des breitbandigen Emissionsbereichs von Infrarotstrahlern (IR-Strahlern) und des Einflusses von Füll- und Verstärkungstoffen auf das Absorptionsverhalten von Kunststoffen, ist das Aufschmelzverhalten von Kunststoffen während des Infrarotschweißens (IR-Schweißens) vorab nicht quantitativ bestimmbar.

Folge: Oftmals Rauchentwicklung bei der Erwärmung von Kunststoffen mit IR-Strahlung.

- Absaugeinrichtungen können notwendig werden.
- Ineffiziente Werkstoffnutzung in Schweißnähten durch thermisch-oxidativen Werkstoffabbau.

Aktuelle Herangehensweise zur Vermeidung der Rauchbildung:

Durchführung zeitintensiver, empirischer Voruntersuchungen zur Findung optimaler Erwärmparameter.

- Der Strahleraustausch, ein Werkstoffwechsel oder das Schwanken der Füll- und Verstärkungstoffgehalte der zu schweißenden Kunststoffe erfordern neue Voruntersuchungen.

Ziele der vorgestellten Arbeiten:

- Entwicklung einer Messmethodik zur Bestimmung der tatsächlichen Fügeflächentemperaturen beim IR-Schweißen von Kunststoffen.
- Im weiteren Verlauf des Vorhabens soll anhand der gemessenen Fügeflächentemperaturen aktiv die Leistung oder der Abstand der IR-Strahler durch die Maschinen- oder Strahlersteuerung geregelt werden.

Die IR-Erwärmung von Kunststoffen ohne Überschreiten einer werkstoffspezifischen Soll-Temperatur unterhalb der Zersetzungstemperatur soll auf diese Weise möglich werden.

- Rauchbildung und damit Werkstoffabbau wird verhindert.
- Effizientere Werkstoffnutzung in den Schweißnähten.

Experimentelles

An den in Tabelle 1 gezeigten Versuchswerkstoffen wurden die Untersuchungen durchgeführt.

Tabelle 1: Ausgewählte Daten der genutzten Versuchswerkstoffe.

Abkürzung	Werkstoff	Hersteller	Handelsname	Farbe
PA sw	PA6	BASF	Ultramid B27E	schwarz
PA-GF sw	PA6-GF30	BASF	Ultramid B3WG6	schwarz
PE	PE-HD	Lyondell Basell	Lupolen GX 5038	opak
PP	PP-H	Lyondell Basell	Moplen HP501H	opak

Aus den in Tabelle 1 genannten Werkstoffen wurden Probekörper mit einer Dicke von 4 mm, einer Breite von 75 mm und einer Länge von 150 mm spritzgegossen.

Folgende Gerätschaften wurden im Rahmen der vorgestellten Arbeiten genutzt:

- Kurzwelliger Doppelrohr-Quarzglasstrahler (Typ 0033 092, SRSystems) zur Erwärmung der Probekörper,
- Drahtthermoelemente Typ K, Klasse 1 (Electronic Sensor) sowie Thermografiekamera PtSi 256 SM (Thermosensorik) zur Temperaturmessung und
- Heizelemente (Eugen Riexinger) zum Halten der Werkstofftemperaturen.

Vorgehensweise

Bild 1 zeigt die gewählte Herangehensweise zur Erreichung der Ziele. Die Schritte 1 und 2 sind Gegenstand des Posters. Schritt 3 wird im weiteren Verlauf des Vorhabens erarbeitet.

1. Kalibrierung der Thermografiekamera für die Versuchswerkstoffe.



2. Entwicklung einer Methodik zur Bestimmung der Fügeflächentemperatur IR-bestrahlter Kunststoffe.



3. Entwicklung einer Maschinen- und Strahlersteuerung, die anhand der Fügeflächentemperatur aktiv die Strahlerleistung oder den Strahlerabstand regelt.

Bild 1: Arbeitsschritte zur Entwicklung der Temperaturmessmethodik für die aktive Strahlerregelung während des IR-Schweißprozesses.

Ergebnisse

Kalibrierung der Thermografiekamera

Thermografiekameras nehmen zur Temperaturmessung von Kunststoffen einen festen Emissionsgrad an

- Kalibrierung der Thermografiekamera nötig, da Emissionsgrade temperaturabhängig sind.

Wärmeintensitäten der Kunststoffe mit Thermografiekamera bei definierten Temperaturen gemessen (Bild 2).

- Linearer Anstieg der Wärmeintensitäten in Abhängigkeit der Kunststofftemperaturen (Bild 3).
- Ermöglicht Temperaturmessung der Fügeflächen vor und nach IR-Bestrahlung.

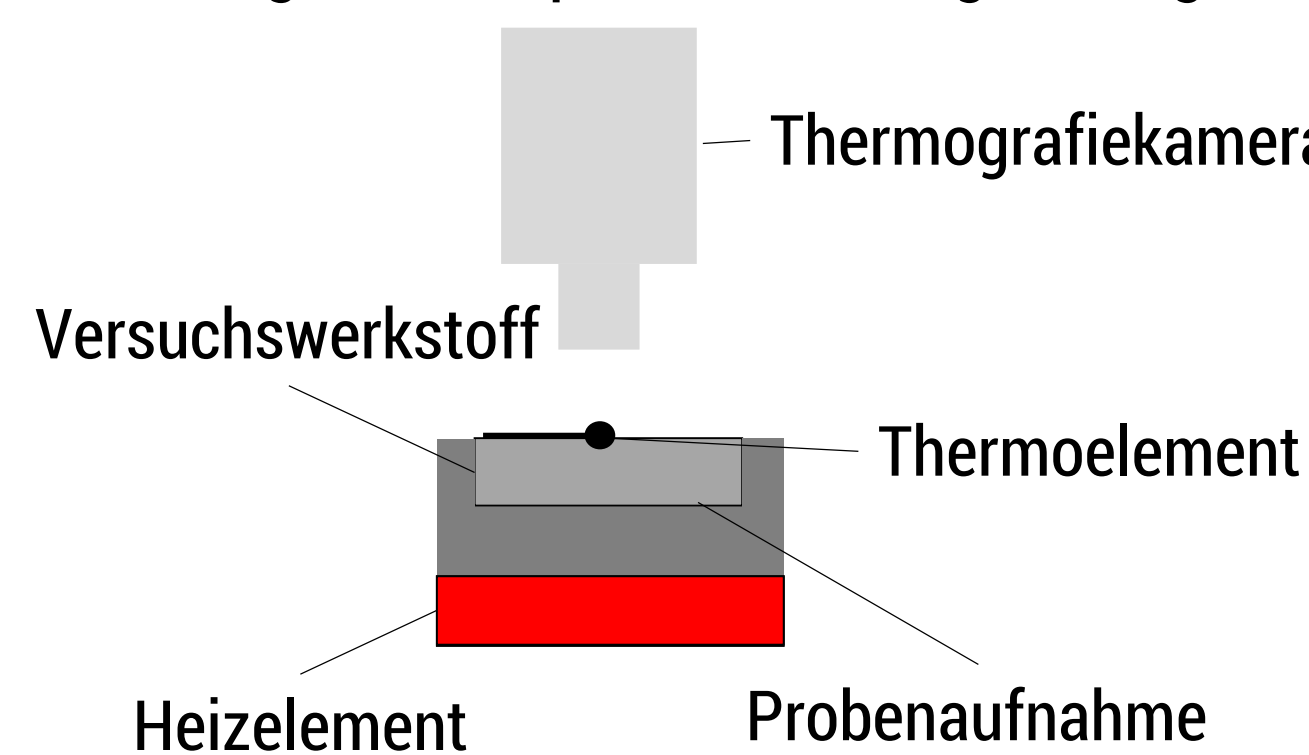


Bild 2: Schematische Darstellung des Versuchsaufbaus zur Kalibrierung der Thermografiekamera während der Messung.

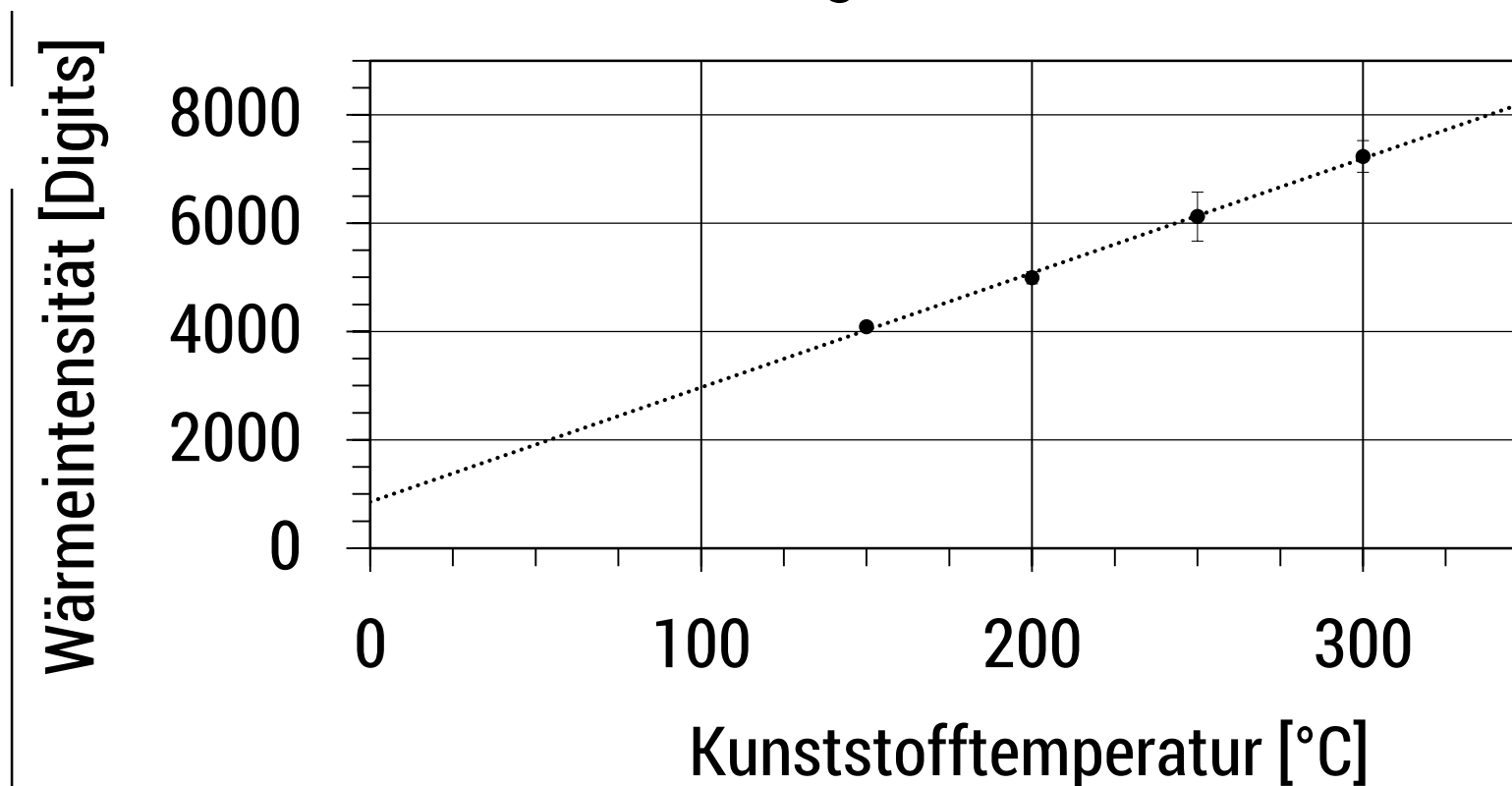


Bild 3: Wärmeintensität in Abhängigkeit der Kunststofftemperatur mit linearer Trendlinie für PA sw zur Kalibrierung der Thermografiekamera.

Messung der Fügeflächentemperatur während der IR-Erwärmung

Versuchsaufbau stellt IR-Erwärmung von Probekörpern in der Schweißmaschine nach (Bild 4).

Versuchsablauf:

1. Blende wird auf Starttemperatur erwärmt ($T_{\text{Blende-Start}}$).
2. Erwärmung der Probe mit IR-Strahler auf Temperatur in der Nähe der Zersetzungstemperatur.
3. Temperaturmessungen mit Thermoelementen (TE oben, unten, Blende) und Thermografiekamera.

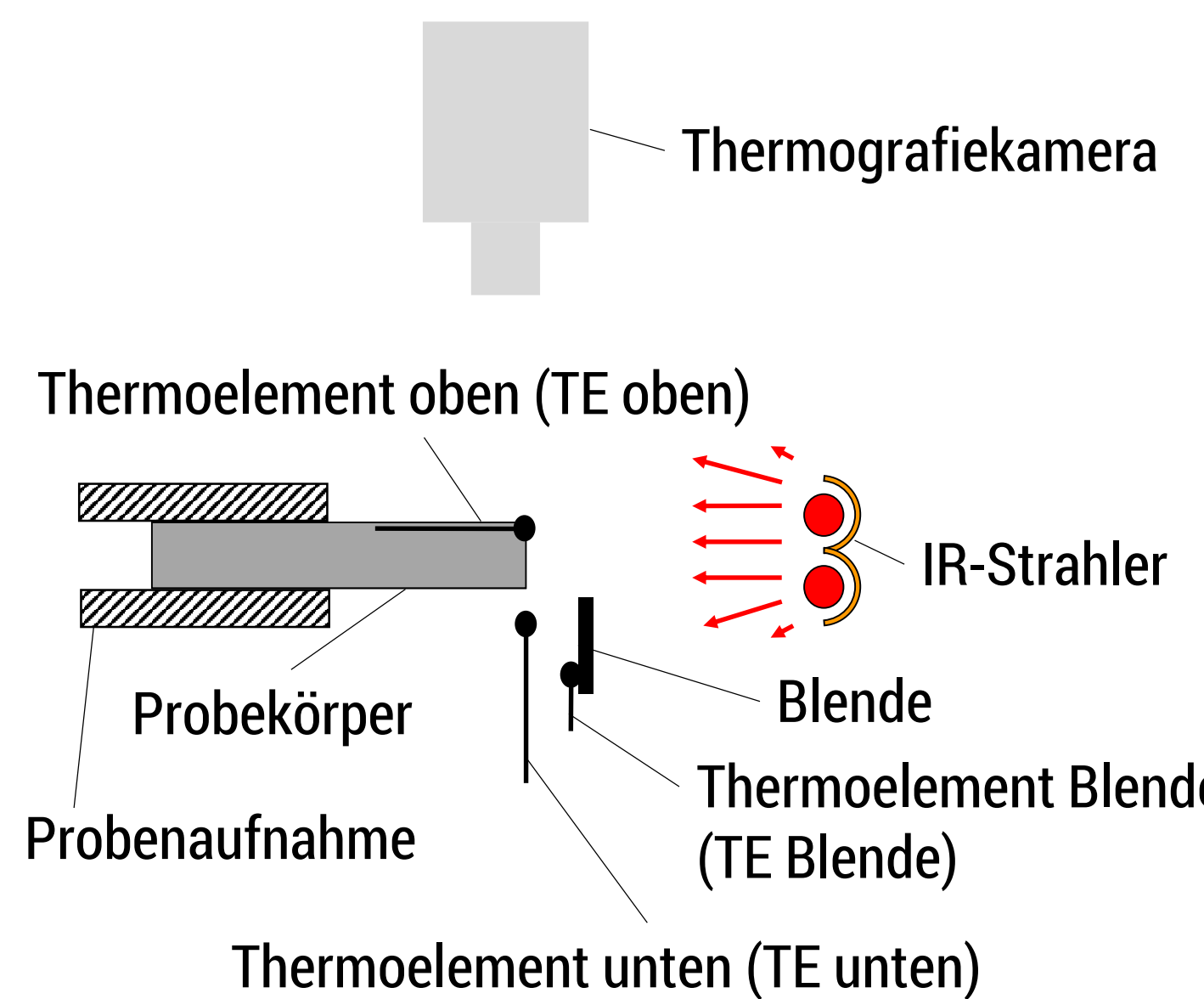


Bild 4: Schematische Darstellung der Seitenansicht des neu entwickelten Temperaturmesssystems zur Bestimmung der Fügeflächentemperaturen infrarotbestrahlter Kunststoffe.

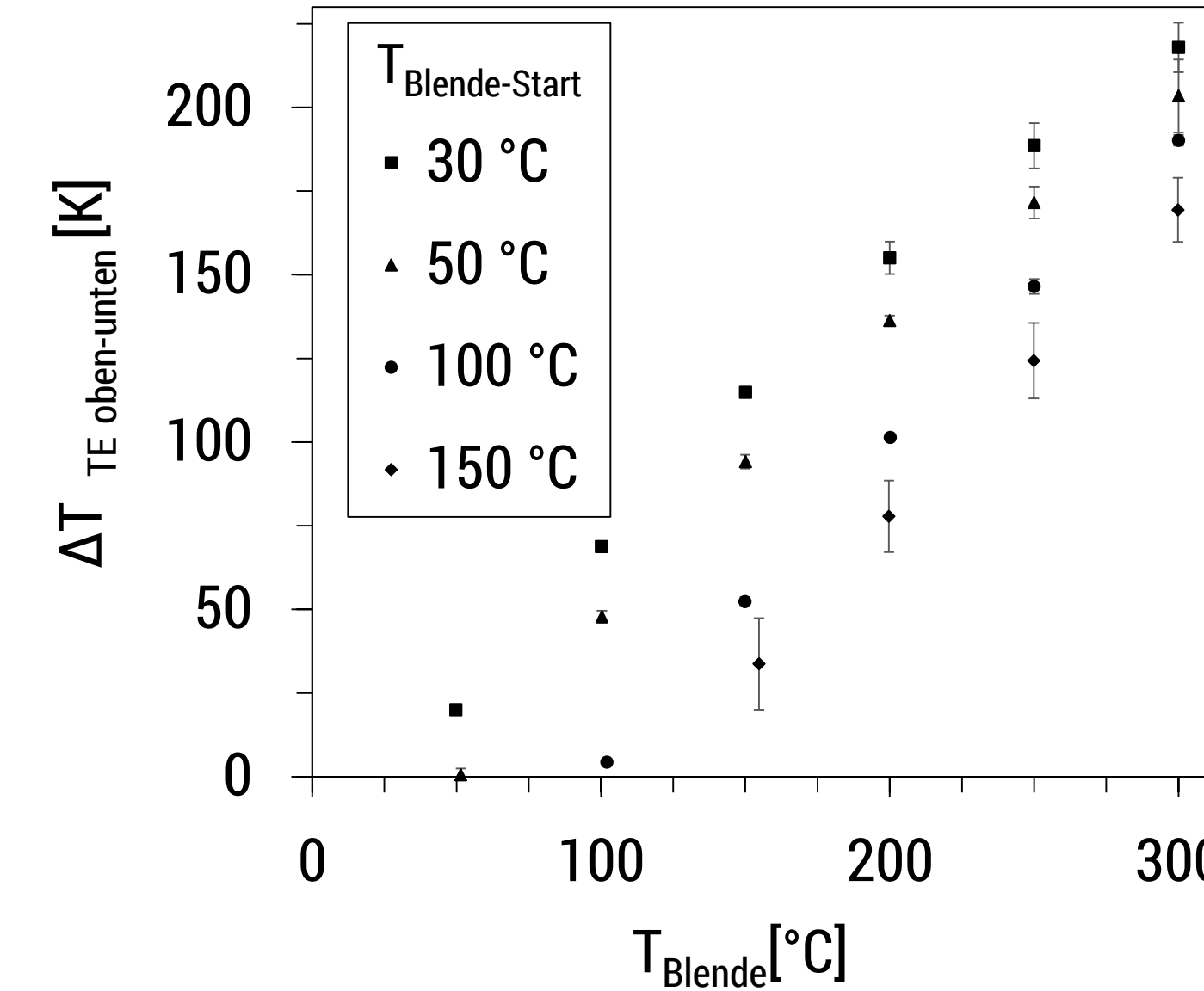


Bild 5: Temperaturdifferenz der gemessenen Temperaturen mit dem Thermoelement in der Probe (TE oben) und dem Thermoelement unterhalb der Probe (TE unten) $\Delta T_{\text{TE oben-unten}}$ in Abhängigkeit der Blendentemperatur (T_{Blende}) bei unterschiedlichen Blendentemperaturen zu Beginn der Messungen $T_{\text{Blende-Start}}$ für PA sw.

TE unten mit der Blende und dem TE Blende sollen künftig in der Schweißmaschine genutzt werden.

- Temperaturdifferenzen zwischen tatsächlicher Fügeflächentemperatur (TE oben) und mit TE unten gemessener Temperatur ($\Delta T_{\text{TE oben-unten}}$) in Abhängigkeit der Blendentemperatur wurden ermittelt (Bild 5).
- $\Delta T_{\text{TE oben-unten}}$ ist reproduzierbar und weist eine lineare Abhängigkeit zu T_{Blende} auf.
- Nutzung von $\Delta T_{\text{TE oben-unten}}$ als Umrechnungsfaktor in der Strahler- und Maschinensteuerung möglich.

Zusammenfassung und Ausblick

- Eine Messmethodik zur Bestimmung der tatsächlichen Fügeflächentemperatur IR-bestrahlter Kunststoffe konnte entwickelt werden.
- Die Temperaturdifferenzen zwischen oberem und unterem Thermoelement sind reproduzierbar und können als Umrechnungsfaktoren in die zu entwickelnde Maschinensteuerung eingearbeitet werden.
- Es folgen Untersuchungen mit mittelwelligen Metallbandstrahlern und der Transfer des Versuchsaufbaus zur Bestimmung der Fügeflächentemperaturen in die Schweißmaschine.

Danksagung

Die Autoren danken dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, welches das Vorhaben im Rahmen des Zentralen Innovationsprogramms Mittelstand (ZIM) aufgrund eines Beschlusses des Deutschen Bundestags fördert. Die Autoren danken zudem der Firma GEFRA, Provaglio d'Iseo, Italien für die großzügige Unterstützung.

M. Sc. Marios Constantinou, Prof. Dr.-Ing. Michael Gehde
Institut für Fördertechnik und Kunststoffe, Technische Universität Chemnitz

Dr.-Ing. René Fuhrich, Dipl.-Ing. (FH) Eduard Schüle, Christian Mittler
Eugen Riexinger GmbH & Co. KG, Bad Liebenzell

